

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-238613

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

---

(51)Int.Cl.

H01F 1/24

---

(21)Application number : 10-085688

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 31.03.1998

(72)Inventor : MIDO YUJI  
MATSUTANI SHINYA

---

(30)Priority

Priority number : 09101415    Priority date : 18.04.1997    Priority country : JP

09107009    24.04.1997

09347470    17.12.1997    JP

JP

---

## (54) COMPOUND MAGNETIC MATERIAL AND ITS MANUFACTURE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain satisfactory DC overlay characteristics in high permeability at low core loss by a method, wherein the adjacent distance between mutual magnetic powder is controlled by a spacing material of a compound magnetic material.

SOLUTION: A mixture, comprising magnetic powder and a spacing material, is compression-molded to produce a compound magnetic material. At this time, the adjacent distance between mutual magnetic powders is controlled by the spacing material. The permeability of the magnetic powder is specified to be large than that of the spacing material. Furthermore, the distance  $\delta$  between adjacent magnetic powder is satisfied at least in 70% or more of the whole magnetic powder satisfying  $10 \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ , wherein the mean particle diameter is set to be (d). The magnetic powder contains at least one kind or more from among ferro-magnetic bodies, e.g. Fe base, FeSi based powder, FeAl Si based, powder FeNi based powder, permendur amorphous, nano fine crystal, and a mean particle diameter of the magnetic powder is set at most at 100  $\mu\text{m}$ .

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 09.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-238613

(43)公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51)Int.Cl.\*

H 0 1 F 1/24

識別記号

F I

H 0 1 F 1/24

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-85688

(22)出願日 平成10年(1998) 3月31日

(31)優先権主張番号 特願平9-101415

(32)優先日 平 9 (1997) 4月18日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平9-107009

(32)優先日 平 9 (1997) 4月24日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平9-347470

(32)優先日 平 9 (1997)12月17日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 御堂 勇治

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 松谷 杵哉

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

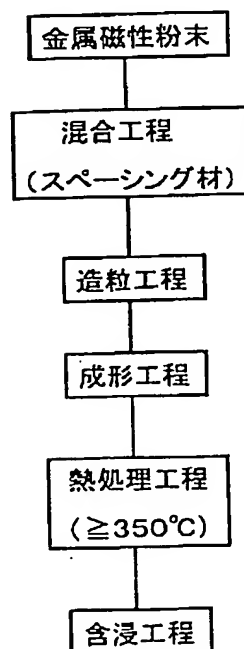
(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54)【発明の名称】 複合磁性材料およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 チョークコイルなどに用いられる高性能な金属系圧粉磁芯に関するもので、コア損失が低く透磁率が高くかつ良好な直流重畳特性を有する複合磁性材料を提供することを目的とする。

【解決手段】 磁性粉末とスペーシング材からなる混合物を圧縮成形した際に得られる複合磁性材料であって、スペーシング材により磁性粉末同士の隣り合う距離を制御することで、コア損失が低く透磁率が高くかつ優れた直流重畳特性を有する複合磁性材料を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形した際に得られる複合磁性材料であって、スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が制御されていることを特徴とする複合磁性材料。

【請求項2】 磁性粉末Aの透磁率がスペーシング材Bより大きいことを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項3】 磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が、磁性粉末の平均粒径を $d$ とすると、 $10^{-1} \leq \delta/d \leq 10^1$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項4】 磁性粉末Aとして、Fe系、FeSi系、FeAlSi系、FeNi系、パーメンジュール、アモルファス、ナノ微結晶の強磁性体のうちの少なくとも1種類以上を含んでいることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。

\* 【請求項5】 磁性粉末Aの平均粒径が $100 \mu\text{m}$ 以下の請求項1記載の複合磁性材料。

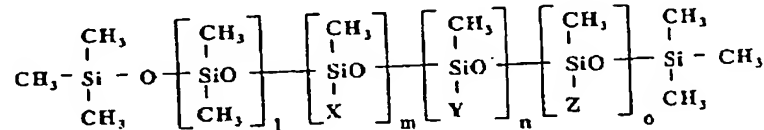
【請求項6】 スペーシング材Bとして、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ の無機物のうち少なくとも1種類以上含むことを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項7】 スペーシング材Bとして用いる無機物の平均粒径が $10 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項8】 スペーシング材Bが有機物である請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項9】 スペーシング材Bとして用いる有機物がシリコン樹脂粉末、あるいはフッ樹脂粉末、あるいはベンゾクアミン樹脂粉末のいずれかである請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項10】 スペーシング材Bが、一般式【化1】

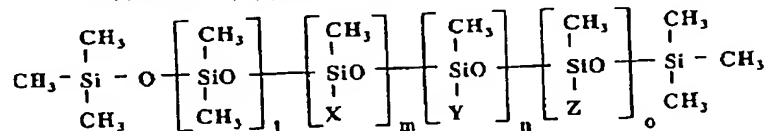


で示される請求項1記載の複合磁性材料。但し、上記一般式においてXはアルコキシシリル基、Yは有機官能基、Zは有機ユニットである。

【請求項11】 スペーシング材Bが金属粉末である請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項12】 スペーシング材Bとして用いる金属粉末の平均粒径が $20 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。

【請求項13】 スペーシング材Bとして、次のa、※



但し、上記一般式においてXはアルコキシシリル基、Yは有機官能基、Zは有機ユニットである。cは金属粉末。

【請求項14】 請求項1記載の複合磁性材料を絶縁性含浸剤で含浸したことを特徴とする複合磁性材料。

【請求項15】 空孔率が全体の5vol%以上50vol%以下である複合磁性材料を絶縁性含浸剤で含浸したことを特徴とする請求項14記載の複合磁性材料。

【請求項16】 磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形後、熱処理する複合磁性材料の製造方法であって、スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が制御されていることを特徴とする複合磁性材料の製造方法。

※ b、cのうち少なくとも2種類以上含むことを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料。aは $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ のうち少なくとも1種類以上の無機物。bはシリコン樹脂粉末、あるいはフッ樹脂粉末、あるいはベンゾクアミン樹脂粉末、あるいは以下の一般式で示される化合物のうち少なくとも1種類以上の有機物。

【化2】

【請求項17】 スペーシング材Bが熱処理温度よりその融点が高い金属粉末である請求項16記載の複合磁性材料の製造方法。

【請求項18】 熱処理を $350^\circ\text{C}$ 以上の温度で行うことを特徴とする請求項16記載の複合磁性材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チョークコイル等に用いられる高性能な金属系複合磁性材料に関し、特に磁芯用の軟磁性材料として用いられる複合磁性材料およびその製造方法に関するものである。

50 【0002】

【従来の技術】近年、電気・電子機器の小型化が進み、小型で高効率の磁性材料が要求されており、高周波で用いられるチョークコイルとしては、フェライト磁芯や圧粉磁芯が使用されている。これらのうち、フェライト磁芯は飽和磁束密度が小さいという欠点を有している。これに対して、金属磁性粉を成形して作製される圧粉磁芯は、軟磁性フェライトに比べて著しく大きい飽和磁束密度を有しているため小型化に有利であるが、透磁率および電力損失についてはフェライトより優れているとはいえず、そのためチョークコイルやインダクターに使用するコアでは、コア損失が大きい分コアの温度上昇が大きくなるため、小型化が図りにくいものであった。

【0003】圧粉磁芯のコア損失は、通常ヒステリシス損失と渦電流損失よりなるが、渦電流損失は、周波数の二乗と渦電流が流れるサイズの二乗に比例して増大するので、磁性粉末表面に電気絶縁性樹脂等を覆うことにより渦電流の発生を抑制するようにしている。一方、ヒステリシス損失は、圧粉磁芯の成形密度をあげるために通常 $5 \text{ ton/cm}^2$ 以上の成形圧力を加える必要があり、そのため磁性体として歪みが増大するとともに透磁率が劣化して、ヒステリシス損失が増大してしまうものであった。これを回避するために、必要に応じて歪みを解放するために成形後熱処理を施すことが行われるが、高温の熱処理が必要な場合は、磁性粉末を絶縁し、しかも粉体同士の結着を保つために絶縁性の結着剤が不可欠であった。

【0004】従来圧粉磁芯の結着剤として使用されるエポキシ樹脂、フェノール樹脂、塩化ビニル樹脂等のほとんど有機系樹脂は歪みを開放するために高温熱処理を施すとその耐熱性が低く熱分解されるために使用が不可能であり、無機系バインダー等を使用する必要がある。無機バインダーとしては、珪酸塩系水ガラス、特開平1-215902号公報に記載のアルミナセメント、特開平6-299114号公報に記載のボロシロキサン樹脂、特開平6-342714号公報に記載のシリコーン樹脂および特開平8-45724号公報に記載のシリコーン樹脂と有機チタン混合等の提案がなされている。

【0005】また、直流重畳特性を確保するために従来のフェライト等の磁芯は、磁路を妨げる垂直方向に数 $100 \mu\text{m}$ のギャップを設けることにより、直流重畳時のインダクタンス $L$ 値の低下を低減している。しかし、このような広いギャップは、うなり音の発生源となる他、ギャップからの漏洩磁束が特に高周波数で巻線に銅損失の著しい増加をもたらすものであった。一方、圧粉磁芯は透磁率が低いためにギャップ無しで使用し、そのためにうなり音また漏洩磁束による銅損失は小さい。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来ギャップ入り磁芯は、直流重畳電流に対してインダクタンス $L$ 値はあるところより急激に低下するのに対し、圧粉磁芯は直流重畳

電流に対してなだらかに低下するが、これは、圧粉磁芯の内部に存在する磁気スペースに分布幅があるためと考えられる。このため、優れた直流重畳特性を確実に確保するためには必要最低限以上の大きさの磁気スペースが必要となり、磁芯全体として透磁率の低下は避けられない。また、高周波数でコア損失が大きい場合、見掛け上直流重畳時は良好であるが、これは損失が大きいほど見掛けの透磁率が増加するため、低コア損失で良好な直流重畳特性を両立することは難しい。

【0007】本発明は上記従来の欠点を除去し、低いコア損失で透磁率が高くかつ良好な直流重畳特性を有する複合磁性材料を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形した際に得られる複合磁性材料であって、スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が制御されていることを特徴とする複合磁性材料である。

【0009】ここで、磁性粉末Aの透磁率がスペーシング材Bより大きいことが好ましく、磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が、磁性粉末の平均粒径を $d$ とすると、 $10^{-1} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していることが好ましい。

【0010】本発明によれば、高い周波数でも低いコア損失で透磁率が高くかつ良好な直流重畳特性を有する複合磁性材料を得ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1記載の発明は、磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形した際に得られる複合磁性材料であって、スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が制御されていることを特徴とする複合磁性材料であり、スペーシング材Bを用いることにより、磁性粉末A同士に必要な最低限のスペース長を確保するとともに、全体としては磁気スペース分布幅を狭めることで高透磁率を維持したまま、優れた重畳特性を実現できる。また、磁性粉末を確実に隔離することにより渦電流損失も低減できる。

【0012】請求項2に記載の発明は、磁性粉末Aの透磁率がスペーシング材Bより大きいことを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料であり、磁性粉末Aより透磁率が小さなスペーシング材Bを用いることで、スペーシング材が磁気スペースとなり磁性粉末同士の距離 $\delta$ を変化させ、複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。

【0013】請求項3に記載の発明は、磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が、磁性粉末の平均粒径を $d$ とすると、 $10^{-1} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していることを特徴とする請求項

1記載の複合磁性材料であり、スペーシング材Bの種

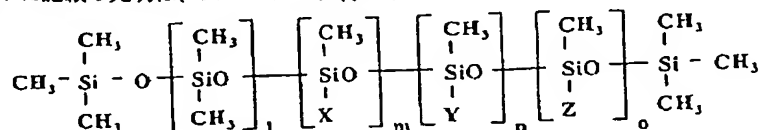
類、粒径、粒度分布等で $\delta$ を変化させ、複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。

【0014】請求項4に記載の発明は、磁性粉末Aとして、Fe系、FeSi系、FeAlSi系、FeNi系、パーメンジュール、アモルファス、ナノ微結晶の強磁性体のうちの少なくとも1種類以上を含んでいることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料であり、これらの金属磁性体は、飽和磁束密度、透磁率ともに高く、アトマイズ粉、粉碎粉等で安易に手に入り高性能な複合磁性材料が得られる。

【0015】請求項5に記載の発明は、磁性粉末Aの平均粒径が $100\mu\text{m}$ 以下の請求項1記載の複合磁性材料であり、渦電流の低減に効果的である。

【0016】請求項6に記載の発明は、スペーシング材Bとして、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ の無機物のうち少なくとも1種類以上含むことを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料であり、これらの無機物は、熱処理でも磁性粉末と反応しにくくスペーシング材として効果的である。

【0017】請求項7に記載の発明は、スペーシング材\*20



【0022】但し、上記一般式においてXはアルコキシシリル基、Yは有機官能基、Zは有機ユニットである。で示される請求項1記載の複合磁性材料であり、スペーシング材として磁性粉末Aを覆うとともに結合剤の弾性を低下させ粉末性成形性を向上する。

【0023】請求項11記載の発明は、スペーシング材Bが金属粉末である請求項1記載の複合磁性材料であり、金属粉末により磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ を制御でき、複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。また、金属材料は圧縮成形時に変形しやすく磁性粉末A同士を結着する効果も期待できるために圧縮成形物の強度が高い。

【0024】請求項12記載の発明は、スペーシング材Bとして用いる金属粉末の平均粒径が $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料であ

\* Bとして用いる無機物の平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料であり、磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ の分布を小さくでき、直流重畳特性が良化する。

【0018】請求項8に記載の発明は、スペーシング材Bが有機物である請求項1記載の複合磁性材料であり、有機物により磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ を制御でき、複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。

10 【0019】請求項9に記載の発明は、スペーシング材Bとして用いる有機物がシリコン樹脂粉末、あるいはフッ樹脂粉末、あるいはベンゾクアナミン樹脂粉末のいずれかである請求項1記載の複合磁性材料であり、耐熱性が高いために熱処理工程後もスペーシング材としての効果を維持出来る。

【0020】請求項10記載の発明は、スペーシング材Bが、一般式

【0021】

【化3】

※り、磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ の分布を小さくでき、直流重畳特性が良化する。

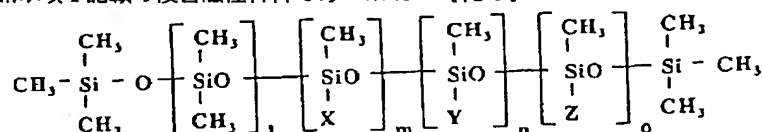
【0025】請求項13記載の発明は、スペーシング材Bとして、次のa、b、cのうち少なくとも2種類以上含むことを特徴とする請求項1記載の複合磁性材料である。

【0026】aは $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ のうち少なくとも1種類以上の無機物。

【0027】bはシリコン樹脂粉末、あるいはフッ樹脂粉末、あるいはベンゾクアナミン樹脂粉末、あるいは以下の一般式で示される化合物のうち少なくとも1種類以上の有機物。

【0028】

【化4】



【0029】但し、上記一般式においてXはアルコキシシリル基、Yは有機官能基、Zは有機ユニットである。

【0030】cは金属粉末。スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ を制御するため、スペーシング材の種類の組合わせにより複合磁性材料の透磁

率、直流重畳特性を制御することができる。

【0031】請求項14記載の発明は、請求項1記載の複合磁性材料を絶縁性含浸剤で含浸したことを特徴とする複合磁性材料であり、強度の向上、金属磁性体の防錆、表面高抵抗化などに有効である。

【0032】請求項15記載の発明は、空孔率が全体の5vol%以上50vol%以下である複合磁性材料を絶縁性含浸剤で含浸したことを特徴とする請求項14記載の複合磁性材料であり、コア内部まで含浸剤が入り込み機械的強度、信頼性ともに向上する。

【0033】請求項16記載の発明は、磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形後、熱処理する複合磁性材料の製造方法であって、スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が制御されていることを特徴とする複合磁性材料の製造方法であり、成形時に受けた歪みを除去し、ヒステリシス損失を低減できる。

【0034】請求項17記載の発明は、スペーシング材Bが熱処理温度よりその融点が高い金属粉末である請求項16記載の複合磁性材料の製造方法であり、熱処理時に溶融も起こらないためにスペーシング材として有効であり、磁性粉末A同士の隣り合う距離が制御できる。

【0035】請求項18記載の発明は、熱処理を350℃以上の温度で行うことを特徴とする請求項16記載の複合磁性材料の製造方法であり、圧縮成形後の成形物を350℃以上の温度で熱処理することで、ヒステリシス損失を低減する。

【0036】以下、本発明の一実施の形態について説明する。

(実施の形態1) 使用した金属磁性粉の純鉄は純度99.6%、Fe-Al-Siはセンダスト組成であるSi-9%、Al-5%、残部Fe、Fe-SiはSi-3.5%、残部Fe、Fe-NiはNi-78.5%、残部Fe、パーメンジュールはCo-50%、残部Feであり、それぞれ平均粒径100 $\mu$ m以下のアトマイズ粉であり、Fe基アモルファス粉はFe-Si-B合金、ナノ微結晶磁性粉はFe-Si-B-Cu合金を液体急冷法でリボンを作製後、粉碎してそれぞれ平均粒径

100 $\mu$ m以下の粉体を得た。スペーシング材に用いた無機物は5 $\mu$ m以下の粒径を用いた。

【0037】混合工程

金属磁性粉末100重量部に対しスペーシング材1重量部と結着剤としてブチラール樹脂3重量部と結着剤溶解用溶剤としてエタノール1重量部を混合攪拌機にて混合した。なお、酸化性の高い金属粉末を用いる場合は窒素など非酸化性雰囲気中に制御しながら混合工程を行うことが好ましい。

【0038】造粒工程

混合工程終了後、その混合物から溶剤を脱気乾燥する。乾燥後の混合物を粉碎し成形機に導入出来る流動性を確保するために造粒し、造粒粉を作製した。

【0039】成形工程

この造粒粉を一軸プレスにて、10t/cm<sup>2</sup>の加圧力で3秒間加圧成型し、外径25mm、内径15mm、厚み約10mmのトロイダル形状の成形体を得た。

【0040】熱処理工程

その後、窒素雰囲気中で熱処理を施した。なお、温度保持時間は0.5時間とした。

【0041】(表1)に示すような金属磁性粉、スペーシング材の種類、および熱処理温度でサンプル1~18(実施例)とサンプル19~22(比較例)を作製した。このようにして得られたサンプルについて透磁率、コア損失、直流重畳を測定した。透磁率は、LCRメーターで周波数10kHzで測定し、コア損失は交流B-Hカーブ測定機を用いて測定周波数50kHz、測定磁束密度0.1Tで測定を行い、直流重畳特性は測定周波数50kHzで直流磁界が1600A/mの時のL値の変化率で示している。

【0042】評価結果を(表1)に示す。

【0043】

【表1】

| サンプル<br>No. | 金属磁性粉    | スペーシング<br>材                    | 熱処理<br>温度<br>(°C) | 透磁率 | コア損失<br>(mW/m³) | 直流重畳<br>(%) |
|-------------|----------|--------------------------------|-------------------|-----|-----------------|-------------|
| 1           | Fe-Al-Si | SiO <sub>2</sub>               | 750               | 91  | 721             | 88          |
| 2           | 純鉄       |                                |                   | 82  | 622             | 92          |
| 3           | Fe-Si    |                                |                   | 131 | 865             | 86          |
| 4           | Fe-Ni    |                                |                   | 153 | 733             | 75          |
| 5           | パーメンジュール |                                |                   | 68  | 798             | 83          |
| 6           | Fe-Al-Si | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |                   | 92  | 706             | 85          |
| 7           | Fe-Al-Si | MgO                            |                   | 88  | 622             | 83          |
| 8           | Fe-Al-Si | TiO <sub>2</sub>               |                   | 89  | 797             | 88          |
| 9           | Fe-Al-Si | ZrO                            |                   | 96  | 700             | 84          |
| 10          | Fe-Al-Si | CaO                            |                   | 94  | 811             | 85          |
| 11          | Fe-Ni    | TiO <sub>2</sub>               | 650               | 90  | 776             | 91          |
| 12          | Fe-Si    |                                | 500               | 95  | 803             | 88          |
| 13          | Fe-Si    |                                | 700               | 144 | 621             | 84          |
| 14          | Fe-Si    |                                | 900               | 153 | 623             | 78          |
| 15          | Fe-Si    |                                | 350               | 106 | 643             | 85          |
| 16          | Fe-Si    |                                | 500               | 110 | 699             | 84          |
| 17          | ナノ微結晶    |                                | 無し                | 81  | 805             | 73          |
| 18          | ナノ微結晶    |                                | 350               | 99  | 476             | 88          |
| 19          | Fe-Al-Si | 無し                             | 750               | 96  | 1260            | 60          |
| 20          | Fe-Si    | TiO <sub>2</sub>               | 無し                | 22  | 1905            | 91          |
| 21          | Fe-Si    |                                | 300               | 36  | 1520            | 91          |
| 22          | Fe-Si    |                                | 300               | 40  | 1350            | 90          |
| 23          | Fe-Si    |                                | 300               | 40  | 1350            | 90          |

【0044】ここで高調波歪み対策用チョークコイルは、電流測定周波数50kHz、測定磁束密度0.1Tでコア損失1000kW/m<sup>2</sup>以下、透磁率は60以上、直流重畳は70%以上が選定の基準となる。

【0045】なお、 $\delta/d$ はSIMSとXMAを用いて測定した。サンプル19は、 $\delta/d$ の測定値が $10^{-3}$ より小さかったが、それ以外のサンプルは、 $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していた。

【0046】(表1)の結果より明らかなように、磁性粉末として、Fe系、Fe-Si系、Fe-Al-Si系、Fe-Ni系、パーメンジュール、アモルファス、ナノ微結晶、またスペーシング材として、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、TiO<sub>2</sub>、ZrO、SiO<sub>2</sub>、CaOの無機物が効果があることがわかる。

【0047】また、磁性粉末とスペーシング材からなる混合物を圧縮成形後、350℃以上の温度で熱処理することによって、透磁率、コア損失、直流重畳特性ともに効果があることがわかる。

【0048】また、特定の磁性粉末においては圧縮成形後の熱処理が無く特性を確保できるが、さらに特性を向上するためには350℃以上の温度で熱処理することが好ましい。

【0049】本発明は、磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形した際に得られる複合磁性材料であって、スペーシング材Bにより磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ が制御されていることを特徴とする複合磁性材料である。一般に、圧粉磁芯のインダクタンス値は、直流重畳電流に対してなだらかに低下している。これは、圧粉磁芯の内部に存在する磁気スペースに分布幅があるためと考えられる。圧粉磁芯は樹脂等の結着剤で磁性粉同士を隔離しているが成形時のプレス等によ

り、その隔離距離、磁気スペース長に分布幅ができ、磁気スペース長が短い、あるいは接している所より磁束が短絡し飽和を始めるために、このような直流重畳特性を示す。このため、従来の圧粉磁芯は優れた直流重畳特性を確保するためには結着剤量を増加する等の手法で必要最低限以上の磁気スペース長を確実に設けたが、そのため磁芯全体としては透磁率の低下は避けられなかった。

【0050】本発明は、スペーシング材Bを用いることにより、必要最低限のスペース長を確保するとともに、全体としては磁気スペース分布幅を狭めることで高透磁率を維持したまま、優れた直流重畳特性を実現できる。また、磁性粉末を確実に隔離することより渦電流損失も低減できる。

【0051】なお、実施の形態以外の磁性粉末あるいは組成比であっても、磁性粉末AとしてFe系、Fe-Si系、Fe-Al-Si系、Fe-Ni系、パーメンジュール、アモルファス、ナノ微結晶の強磁性体のうち少なくとも1種類以上を含有する混合粉末、あるいは合金、固溶体でも同様の効果があることは言うまでもない。これらの金属磁性体は、飽和磁束密度、透磁率ともに高く、また製造方法たとえばアトマイズ粉法、粉碎粉法、超急冷法等の製造方法にはよらず同様な効果がある。またこれ以外の磁性材料でも、また、球状、扁平状等の粉体形状によらず同様な効果があることは言うまでもない。

【0052】スペーシング材Bとして、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、TiO<sub>2</sub>、ZrO、SiO<sub>2</sub>、CaOの無機物の粉体は熱処理でも磁性粉末と反応しにくく、これ以外の無機物たとえばガラス等の粉末であっても、また扁平状の粉体であっても同様な効果があることは言うまでもない。

【0053】さらに、上記のスペーシング材Bを少なくとも1種類以上を含んだ混合粉末あるいは複合酸化物、



窒化物等でも同様の効果があることも言うまでもない。

【0054】磁性粉末Aとスペーシング材Bからなる混合物を圧縮成形後、熱処理することで成形時に生じる歪みを開放することができる。圧縮成形では $5\text{ t/cm}^2$ 以上の成形圧力がかかると、磁性体に歪みが生じ透磁率が劣化し、ヒステリシス損失が増大する。そこで、必要に応じ歪みを解放するために成形後に熱処理を施し、ヒステリシス損失を低減することが好ましい。

【0055】ここでの熱処理においては、金属磁性体の材質により歪取り温度は異なりFe-Al-Si系では 10 600℃以上、Fe系では700℃以上、アモルファ \*

\* ス、ナノ微結晶等では高温では結晶化してしまうために350℃以上600℃以下の熱処理が好ましい。また、非酸化性雰囲気中で熱処理することがさらに望ましい。

【0056】（実施の形態2）（表2）に示すような金属磁性粉とスペーシング材とし、一軸プレス成形圧力 $10\text{ t/cm}^2$ 、熱処理温度を720℃とする他は実施の形態1と同様にサンプル23～27（実施例）とサンプル28、29（比較例）を作成し、評価を行った。

【0057】評価結果を（表2）に示す。

【0058】

【表2】

|     | サンプル<br>No. | 金属磁性粉    |                         | スペーシング材                 |                         | 透磁率 | コア損失<br>( $\text{kJ/m}^2$ ) | 歪み率<br>(%) |
|-----|-------------|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----|-----------------------------|------------|
|     |             | 組成       | 粒径<br>( $\mu\text{m}$ ) | 組成                      | 粒径<br>( $\mu\text{m}$ ) |     |                             |            |
| 実施例 | 23          | 純鉄       | 100                     | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 2                       | 105 | 878                         | 81         |
|     | 24          | 純鉄       | 50                      |                         |                         | 87  | 491                         | 86         |
|     | 25          | 純鉄       | 10                      |                         |                         | 76  | 224                         | 88         |
|     | 26          | Fe-Al-Si | 100                     | $\text{TiO}_2$          | 10                      | 74  | 532                         | 90         |
|     | 27          | Fe-Al-Si |                         |                         | 1                       | 113 | 613                         | 85         |
| 比較例 | 28          | 純鉄       | 120                     | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 2                       | 124 | 1254                        | 86         |
|     | 29          | Fe-Al-Si | 100                     | $\text{TiO}_2$          | 12                      | 34  | 524                         | 92         |

【0059】（表2）の結果より明らかなように、磁性粉末の平均粒径が $100\mu\text{m}$ 以下で効果があることがわかる。また、スペーシング材の平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下で効果があることがわかる。

【0060】ここで渦電流損失は、周波数の二乗と渦電流が流れるサイズの二乗に比例して増大するために、磁性粉末の表面を絶縁体で覆えば、渦電流は金属磁性粉体の粒径に依存するため、微細な方が渦電流損失は低減する。たとえば、高調波歪み対策用チョークコイルは、電流測定周波数50kHz、測定磁束密度0.1Tでコア損失 $1000\text{ kW/m}^2$ 以下、またより好ましくは500kW/m<sup>2</sup>以下が望まれている。そのためには、50kHz以上の渦電流損失を低減するためには、理論計算より少なくとも平均粒径 $100\mu\text{m}$ 以下であることが必要で、より好ましくは $50\mu\text{m}$ 以下である。また、金属磁性粉体の表面に5nm以上の酸化皮膜が形成されていれば、さらに絶縁性は確実となりより渦電流損失の低減に効果的である。

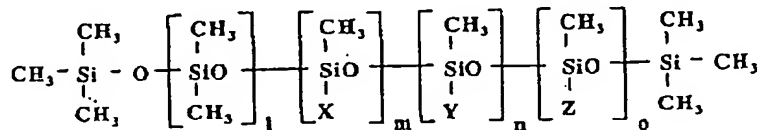
※

20※【0061】本実施の形態では、磁性粉末Aの隣り合う距離 $\delta$ をスペーシング材Bにより制御するが、圧縮成形するためスペーシング材Bが混合前の粒径を保っているのではなく成形後粉砕される可能性がある。しかしながら、スペーシング材Bの平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以上になるとたとえ圧縮成形時に粉砕されて細くなるもののそのバラツキは大きく磁気スペース $\delta$ の分布幅が大きくなるので好ましくない。

【0062】（実施の形態3）金属磁性粉末（Fe-Al-Si）はセンダスト組成であるSi-9%、Al-5%、残部Feで平均粒径 $100\mu\text{m}$ 以下のアトマイズ粉を用いた。スペーシング材として有機物は平均粒径 $3\mu\text{m}$ 以下のシリコン樹脂粉末、フッ素樹脂粉末、ベンゾクアナミン樹脂粉末および以下に示すような有機化合物Cを用いた。

【0063】

【化5】



【0064】但し、上記一般式において、Xはアルコキシシリル基、Yは有機官能基、Zは有機ユニットである。

【0065】さらに、混合工程で用いる結着剤を1重量部とし、熱処理温度を750℃とする他は実施の形態1

と同様にサンプル30～33（実施例）とサンプル34（比較例）を作製し、評価を行った。

【0066】評価結果を（表3）に示す。

【0067】

【表3】

|     | サンプル<br>No. | スペーシング材      | 透磁率 | コア損失<br>(kW/d) | 直流重畳<br>(%) |
|-----|-------------|--------------|-----|----------------|-------------|
| 実施例 | 30          | シリコン樹脂粉末     | 88  | 396            | 87          |
|     | 31          | フッ素樹脂粉末      | 96  | 511            | 91          |
|     | 32          | ベンゾクアナミン樹脂粉末 | 90  | 465            | 85          |
|     | 33          | 有機化合物C       | 111 | 370            | 89          |
| 比較例 | 34          | 無し           | 96  | 1260           | 60          |

【0068】なお、サンプル34は、 $\delta/d$ の測定値が $10^{-3}$ より小さかったが、それ以外のサンプルは $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していた。

【0069】(表3)の結果より明らかなように、スペーシング材として有機物の添加による効果がわかる。

【0070】有機物により磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ を制御でき、複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。

【0071】ここで、磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ をスペーシング材Bにより制御するために、その粒子径は重要であり、より微粒子なものが好ましい。また、有機粉末は圧縮成形時に変形しやすく磁性粉末A同士を結着する効果も期待できるために圧縮成形物の強度が高い。

【0072】ここで本実施の形態に有機物として用いた粉末は、シリコン樹脂粉末、あるいはフッ素樹脂粉末、あるいはベンゾクアナミン樹脂粉末のいずれかであり、耐熱性が高いために熱処理工程後もスペーシング材としての効果を維持出来る。本実施の形態に用いた他にも微粒子で耐熱性が高いものであれば使用可能で同様の効果があることは言うまでもない。

【0073】また、有機化合物Cはスペーシング材として磁性粉末Aを覆うとともに結合剤の弾性を低下させ粉末性成形性を向上するとともに粉末成形後の成形体のスプリングバックも抑制出来る。また、耐熱性も高いので熱処理後もスペーシング材としての効果を保持する。ここで、この有機化合物Cの分子量は数万以下さらに、より好ましくは5000程度である。

【0074】ここで、有機物は有機化合物Cと基本構成が同様であれば末端の官能基を変更するなどしても同じような効果を示すことは言うまでもない。

【0075】また、これらの有機物の添加量は磁性粉末100重量部に対して0.1～5重量部がスペーシング材として有効であり磁性粉末A同士の隣り合う距離が制御できる。有機化合物が0.1重量部より少ないとスペーシング材として有効で無く、また、5重量部より多いと磁性粉末の充填率が低下するために磁気特性が低下する。

【0076】(実施の形態4) スペーシング材を有機化合物Cとし一軸プレス成形の成形圧力を調整し $\sigma/d$ を変更

する他は実施の形態3と同様にサンプル35～37(実施例)とサンプル38、39(比較例)を作製し、評価を行った。

【0077】評価結果を(表4)に示す。

【0078】

(表4)

|     | サンプル<br>No. | $\delta/d$ | 透磁率 | コア損失<br>(kW/d) | 直流重畳<br>(%) |
|-----|-------------|------------|-----|----------------|-------------|
| 実施例 | 35          | $10^{-3}$  | 110 | 620            | 85          |
|     | 36          | $10^{-2}$  | 100 | 370            | 89          |
|     | 37          | $10^{-1}$  | 80  | 400            | 93          |
| 比較例 | 38          | $10^0$     | 30  | 750            | 80          |
|     | 39          | $10^{-4}$  | 120 | 980            | 63          |

【0079】(表4)の結果より明らかなように、良好な直流重畳特性と透磁率を両立するためには、 $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を満足していることが必要である。

【0080】ここで、一般に磁性粉末の真の透磁率を $\mu_r$ 、磁芯の実効透磁率を $\mu_e$ とすると、次の式のような関係が示される。

$$[\text{0081}] \quad \mu_e \approx \mu_r / (1 + \mu_r \cdot \delta/d)$$

$\delta/d$ の下限は、最低限必要な直流重畳特性より決まり、 $\delta/d$ 上限は必要な透磁率で決まってくる。良好な特性を実現するためには $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していることが必要であり、より好ましくは、 $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である。

【0082】本発明は、スペーシング材Bの種類、粒径、粒度分布等を変化させることで、 $\delta$ を制御し複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。

【0083】(実施の形態5) スペーシング材を平均粒径 $10 \mu\text{m}$ 以下のTi、Siとし、熱処理温度を $750^\circ\text{C}$ とする他は実施の形態1と同様に(表5)に示すような金属粉末の組成、スペーシング材の種類でサンプル40～45(実施例)とサンプル46(比較例)を作製し、評価を行った。

【0084】評価結果を(表5)に示す。

【0085】

(表5)

|     | サンプル<br>No. | 金属磁性粉    | スペーシング<br>材 | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|----------|-------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 40          | Fe-Al-Si | Ti          | 89  | 722                          | 88          |
|     | 41          | 純鉄       |             | 78  | 807                          | 91          |
|     | 42          | Fe-Si    |             | 126 | 867                          | 84          |
|     | 43          | Fe-Ni    |             | 153 | 726                          | 77          |
|     | 44          | パーマンジュール |             | 70  | 808                          | 85          |
|     | 45          | Fe-Al-Si | Si          | 91  | 713                          | 89          |
| 比較例 | 46          | Fe-Al-Si | 無し          | 96  | 1260                         | 60          |

【0086】サンプル46は、 $\delta/d$ の測定値が $10^{-1}$ より小さかったが、それ以外のサンプルは、 $10^{-1} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していた。

【0087】(表5)の結果より明らかなように、磁性粉末として、Fe系、Fe-Si系、Fe-Al-Si系、Fe-Ni系、パーマンジュールにスペーシング材として、金属Ti、Siの添加による効果がわかる。

【0088】なお、上記のスペーシング材以外の金属材料でも磁性粉末と熱処理中に反応しにくいものであれば同様の効果があり金属粉末を混合して用いても同様の効果があることは言うまでもない。

【0089】本発明では、金属により磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ を制御でき、複合磁性材料の透磁率、直流重量特性を制御することができる。例えば、Ti、Si、Al、Fe、Mg、Zrなどの金属が挙げられる。

【0090】金属は圧縮成形時に変形しやすく磁性粉末A同士を結着する効果も期待できるために圧縮成形物の強度が高く、磁性粉末A同士の隣り合う距離 $\delta$ を制御でき、複合磁性材料の透磁率、直流重量特性を制御することができる。

【0091】(実施の形態6)金属磁性粉末はFe-Al-Siはセンダスト組成であるSi-9%、Al-5%、残部Feの平均粒径100 $\mu$ m以下のアトマイズ粉、スペーシング材はAlを用い、一軸プレス成形圧力8t/cm<sup>2</sup>とし、(表6)に示すように熱処理温度を変更する他は実施の形態5と同様に47、48(実施例)とサンプル49(比較例)を作製し、評価を行った。

【0092】評価結果を(表6)に示す。

【0093】

(表6)

|     | サンプル<br>No. | 熱処理<br>温度<br>(°C) | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|-------------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 47          | 500               | 45  | 600                          | 91          |
|     | 48          | 600               | 65  | 550                          | 91          |
| 比較例 | 49          | 700               | 25  | 2000                         | 97          |

【0094】(表6)の結果より明らかなように、Alの融点660°Cを越える温度で熱処理を行うと金属の溶融が起りスペーシング材効果がなくなり特性が大幅に劣化する。融点より低い熱処理温度であると良好な特性

を示す。

【0095】スペーシング材として融点が熱処理温度より高い金属粉末を用いることにより、実施の形態5における効果と同時に、熱処理時に溶融も起こらないためにスペーシング材として有効であり、磁性粉末A同士の隣り合う距離を精密に制御でき、必要最低限の磁気スペース長を確保するとともに、全体としては磁気スペース分布幅を狭めることで高透磁率を維持したまま、良好な直流重量特性を実現でき、磁性粉末同士を確実に隔離することにより渦電流損失も低減できる。

【0096】(実施の形態7)スペーシング材はTiを用い、スペーシング材の平均粒径を(表7)のようにまた、熱処理温度を750°Cにする他は実施の形態6と同様にサンプル50~52(実施例)とサンプル53(比較例)を作製し、評価を行った。

【0097】評価結果を(表7)に示す。

【0098】

(表7)

|     | サンプル<br>No. | 平均粒径<br>( $\mu$ m) | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|--------------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 50          | 20                 | 56  | 500                          | 91          |
|     | 51          | 10                 | 74  | 530                          | 90          |
|     | 52          | 1                  | 110 | 610                          | 85          |
| 比較例 | 53          | 25                 | 34  | 520                          | 92          |

【0099】(表7)の結果より明らかなように、スペーシング材の平均粒子径が20 $\mu$ m以下で効果があることが分かる。

【0100】本発明では、圧縮成形の工程を経て複合磁性材料を得るためにスペーシング材Bが混合前の粒径を保っているのではなく成形後金属粒子が変形し圧延され磁気スペースが小さくなる可能性がある。しかしながら、スペーシング材Bの平均粒径が20 $\mu$ m以上になるとたとえ圧縮成形時に変形し磁気スペースが小さくなるとしてもそのバラツキは大きく磁気スペース $\delta$ の分布幅が大きくなるので好ましくない。

【0101】(実施の形態8)スペーシング材として粒径5 $\mu$ mのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、粒径10 $\mu$ mのTi、粒径1 $\mu$ mのシリコン樹脂粉末、有機化合物Cを(表8)に示すような組み合わせでスペーシング材総量として1重量部になるように等量ずつ配合し、一軸プレス成形圧力10t/cm<sup>2</sup>、熱処理温度を700°Cとする他は実施の形

態7と同様にサンプル54～59（実施例）とサンプル60（比較例）を作製し、評価を行った。  
【0102】評価結果を（表8）に示す。

\*【0103】

（表8）

\*

|     | サンプル<br>No. | スペーシング材                        | スペーシング材  | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | 直流重畳<br>(%) |
|-----|-------------|--------------------------------|----------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 54          | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ti       | 88  | 603                          | 92          |
|     | 55          |                                | シリコン樹脂粉末 | 88  | 552                          | 89          |
|     | 56          |                                | 有機化合物C   | 110 | 728                          | 84          |
|     | 57          | Ti                             | シリコン樹脂粉末 | 90  | 666                          | 83          |
|     | 58          |                                | 有機化合物C   | 96  | 543                          | 87          |
|     | 59          | シリコン樹脂粉末                       |          | 102 | 501                          | 84          |
| 比較例 | 60          | 無し                             | 無し       | 92  | 1188                         | 60          |

【0104】サンプル60は、 $\delta/d$ の測定値が $10^{-1}$ より小さかったが、それ以外のサンプルは、 $10^{-1} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ である関係を全体の磁性粉末の70%以上で満足していた。

【0105】（表8）の結果から明らかなように、各スペーシング材の組み合わせにおいて効果があることが分かる。

【0106】本実施の形態では2種類の組み合わせを示したが、これ以外にさらに多くの種類を組み合わせても有効であり、他のどのような組み合わせでも同様の効果を得られることは言うまでもない。

【0107】スペーシング材として無機物、有機物、金属のうち少なくとも2種類以上含み、スペーシング材の種類の組み合わせにより複合磁性材料の透磁率、直流重畳※

※置特性を制御することができる。

【0108】（実施の形態9）スペーシング材として粒径5 $\mu$ mで組成がNi-78.5%、残部FeのFe-Niを用い、粉体の熱処理条件を変更することで透磁率を1500、1000、900、100、10に調整したものを、一軸プレス成形圧力7t/cm<sup>2</sup>とした他は実施の形態8と同様にサンプル61～63（実施例）とサンプル64、65（比較例）を作製し、評価を行った。

【0109】なお、金属磁性体として用いたFe-Al-Siの透磁率は1000であった。

【0110】評価結果を（表9）に示す。

【0111】

（表9）

|     | サンプル<br>No. | スペーシング材<br>の透磁率 | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | 直流重畳<br>(%) |
|-----|-------------|-----------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 61          | 900             | 160 | 766                          | 75          |
|     | 62          | 100             | 110 | 820                          | 82          |
|     | 63          | 10              | 90  | 750                          | 84          |
| 比較例 | 64          | 1000            | 165 | 760                          | 65          |
|     | 65          | 1500            | 188 | 763                          | 63          |

【0112】（表9）の結果から明らかなように、スペーシング材が必ずしも非磁性でなくてもスペーシング材の透磁率が金属磁性粉の透磁率より小さいことで、スペーシング材が結果として磁気スペースとなり磁性粉末A同士の距離 $\delta$ を変化させることで、複合磁性材料の透磁率、直流重畳特性を制御することができる。

【0113】（実施の形態10）金属磁性粉末としてFe-Ni（Ni-78.5%、残部Fe）の平均粒子径100 $\mu$ m以下の粒度分布の異なる粉砕粉、スペーシング材は平均粒径10 $\mu$ m以下のTiを用い、熱処理温度を680℃とし含浸材を（表10）に示すようにし、一

軸プレスの成形圧力と金属磁性粉の粒度分布により空孔率を変更する他は実施の形態1と同様にサンプル66～69（実施例）とサンプル70～72（比較例）を作製し、評価を行った。

【0114】破断強度はヘッドスピード0.5mm/minで3点曲げ試験で測定した。評価結果を（表10）に示す。たとえば、高調波歪み対策用チョークコイルは破断強度が20N/mm<sup>2</sup>以上が好ましい。

【0115】

（表10）

|     | サンプル<br>No. | 空孔率<br>(%) | 含浸材    | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 磁気強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|------------|--------|-----|------------------------------|------------------------------|
| 実施例 | 66          | 5          | エポキシ樹脂 | 87  | 760                          | 27                           |
|     | 67          | 10         |        | 79  | 870                          | 35                           |
|     | 68          | 50         |        | 47  | 880                          | 49                           |
|     | 69          | 10         | シリコン樹脂 | 78  | 850                          | 32                           |
| 比較例 | 70          | 3          | エポキシ樹脂 | 98  | 620                          | 12                           |
|     | 71          | 55         | 無し     | 34  | 950                          | 52                           |
|     | 72          | 20         |        | 76  | 850                          | ≤1                           |

【0116】(表10)の結果より明らかなように、熱処理後の空孔率が全体の5vol%以上50vol%以下である複合磁性材料を、絶縁性含浸剤で含浸することにより機械的強度が向上していることがわかる。また、信頼性試験に於いても問題がなかった。

【0117】絶縁性含浸剤で含浸することでコア強度を向上することができる。さらに、絶縁性含浸剤で含浸することは金属磁性体の防錆、表面高抵抗化等にも有効である。含浸の方法としては、通常の浸漬のほか真空含浸や加圧含浸を行うことでコア内部に含浸剤が入り込むことでさらに効果を高めることができる。

【0118】含浸の効果を高めるには、熱処理後の空孔率が全体の5vol%以上50vol%以下であることが重要である。一般に空孔率が全体の5vol%以上になるとオープンポアになるため、コア内部まで含浸剤が入り込み機械的強度、信頼性ともに向上する。また、空\*

10\* 孔率が50vol%以上になると磁気特性が劣化するために好ましくない。

【0119】絶縁性含浸剤として、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、塩化ビニル樹脂、ブチラール樹脂、有機シリコン樹脂、無機シリコン樹脂などの汎用の樹脂を使用目的に応じて用いることができる。材料選定の基準としては、対半田耐熱、ヒートサイクル等の熱衝撃に強いこと、抵抗値などが挙げられる。

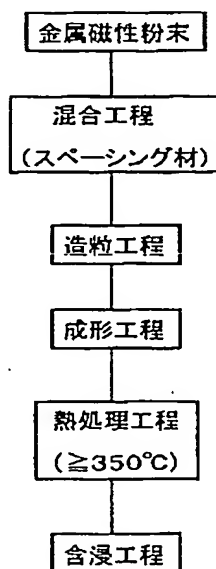
【0120】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明は、コア損失が低く透磁率が高くかつ良好な直流重畳特性を有する複合磁性材料を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の複合磁性材料の製造方法を示すフローチャート

【図1】



kn\* NOTICES \*

JP0 and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## Bibliography

---

- (19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)
- (12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)
- (11) [Publication No.] JP, 11-238613, A
- (43) [Date of Publication] August 31, Heisei 11 (1999)
- (54) [Title of the Invention] A compound magnetic material and its manufacture approach
- (51) [International Patent Classification (6th Edition)]  
H01F 1/24  
[FI]  
H01F 1/24  
[Request for Examination] Un-asking.  
[The number of claims] 18  
[Mode of Application] OL  
[Number of Pages] 11
- (21) [Application number] Japanese Patent Application No. 10-85688
- (22) [Filing date] March 31, Heisei 10 (1998)
- (31) [Application number of the priority] Japanese Patent Application No. 9-101415
- (32) [Priority date] Taira 9 (1997) April 18
- (33) [Country Declaring Priority] Japan (JP)
- (31) [Application number of the priority] Japanese Patent Application No. 9-107009
- (32) [Priority date] Taira 9 (1997) April 24
- (33) [Country Declaring Priority] Japan (JP)
- (31) [Application number of the priority] Japanese Patent Application No. 9-347470
- (32) [Priority date] Taira 9 (1997) December 17
- (33) [Country Declaring Priority] Japan (JP)
- (71) [Applicant]  
[Identification Number] 000005821

[Name] Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

[Address] 1006, Kadoma, Kadoma-shi, Osaka

(72) [Inventor(s)]

[Name] Temple Yuji

[Address] 1006, Kadoma, Kadoma-shi, Osaka Inside of Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

(72) [Inventor(s)]

[Name] Matsutani Shinya

[Address] 1006, Kadoma, Kadoma-shi, Osaka Inside of Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

(74) [Attorney]

[Patent Attorney]

[Name] Takimoto Tomoyuki (besides one person)

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

Epitome

---

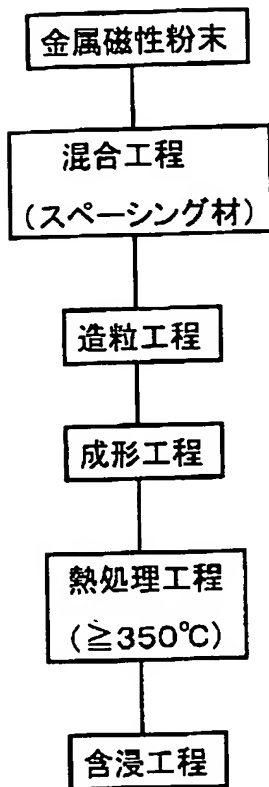
(57) [Abstract]

[Technical problem] A core loss aims at offering the compound magnetic material which has a low direct-current superposition property with it about the highly efficient metal system dust core used for a choke coil etc. [ high and permeability and ] [ good ]

[Means for Solution] It is the compound magnetic material obtained when the mixture which consists of magnetic powder and spacing material is pressed, and the compound magnetic material which has the direct-current superposition property that permeability excelled [ control / the distance which magnetic powder adjoins by spacing material ] in the core loss highly low is offered.

---

[Translation done.]



---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The compound magnetic material which is a compound magnetic material obtained when the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B is pressed, and is characterized by controlling



the distance delta which magnetic powder A adjoins by the spacing material B.

[Claim 2] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by the permeability of the magnetic powder A being larger than the spacing material B.

[Claim 3] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by being satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$  if the distance delta which magnetic powder A adjoins sets mean particle diameter of magnetic powder to d.

[Claim 4] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by including at least one or more kinds in the ferromagnetic of Fe system, a FeSi system, a FeAlSi system, a FeNi system, Permendur, amorphous one, and a nano microcrystal as magnetic powder A.

[Claim 5] The mean particle diameter of the magnetic powder A is a compound magnetic material 100 micrometers or less according to claim 1.

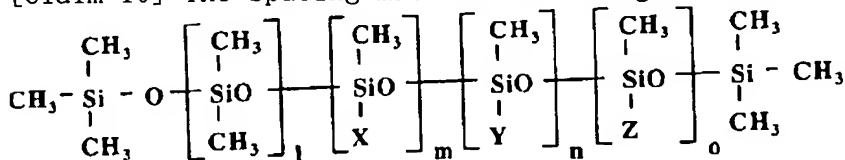
[Claim 6] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by including at least one or more kinds in the inorganic substance of aluminum 2O<sub>3</sub>, and MgO, TiO<sub>2</sub>, ZrO, SiO<sub>2</sub> and CaO as spacing material B.

[Claim 7] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by the mean particle diameter of the inorganic substance used as spacing material B being 10 micrometers or less.

[Claim 8] The compound magnetic material according to claim 1 whose spacing material B is the organic substance.

[Claim 9] The compound magnetic material according to claim 1 whose organic substance used as spacing material B is either silicon resin powder, fluorine resin powder or benzo KUANAMIN resin powder.

[Claim 10] The spacing material B is a general formula. [Formula 1]



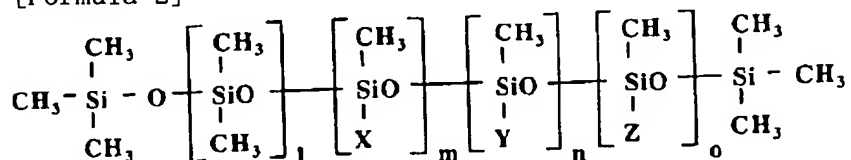
The compound magnetic material according to claim 1 come out of and shown. However, in the above-mentioned general formula, X is [ an organic functional group and Z of an alkoxy silyl radical and Y ] organic units.

[Claim 11] The compound magnetic material according to claim 1 whose spacing material B is metal powder.

[Claim 12] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by the mean particle diameter of the metal powder used as spacing material B being 20 micrometers or less.

[Claim 13] The compound magnetic material according to claim 1 characterized by including following at least two or more kinds in a, b, and c as spacing material B. a is at least one or more kinds of inorganic substances among aluminum 2O3, and MgO, TiO2, ZrO, SiO2 and CaO. b is at least one or more kinds of organic substance among silicon resin powder, fluorine resin powder, benzo KUANAMIN resin powder, or the compound shown by the following general formulas.

[Formula 2]



However, in the above-mentioned general formula, X is [ an organic functional group and Z of an alkoxy silyl radical and Y ] organic units. c is metal powder.

[Claim 14] The compound magnetic material characterized by sinking in a compound magnetic material according to claim 1 by the insulating impregnant.

[Claim 15] The compound magnetic material according to claim 14 characterized by sinking in the compound magnetic material whose void content is less than [ of the whole / more than 5vol%50vol% ] by the insulating impregnant.

[Claim 16] The manufacture approach of the compound magnetic material which is the manufacture approach of the compound magnetic material which heat-treats the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B after compression molding, and is characterized by controlling the distance delta which magnetic powder A adjoins by the spacing material B.

[Claim 17] The manufacture approach of a compound magnetic material according to claim 16 that the spacing material B is metal powder with the melting point higher than heat treatment temperature.

[Claim 18] The manufacture approach of the compound magnetic material according to claim 16 characterized by heat-treating at the temperature of 350 degrees C or more.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the compound magnetic material especially used as soft magnetic materials for magnetic cores, and its manufacture approach about the highly efficient metal system compound magnetic material used for a choke coil etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the miniaturization of the electrical and electric equipment progresses, the small and efficient magnetic material is demanded, and the ferrite magnetic core and the dust core are used as a choke coil used by high frequency. The ferrite magnetic core has the fault that saturation magnetic flux density is small, among these. On the other hand, since the dust core which fabricates metal magnetism powder and is produced had remarkable large saturation magnetic flux density compared with the soft magnetism ferrite, it was advantageous to the miniaturization, but since the temperature rise of a part core with a large core loss became large with the core which cannot say to excel the ferrite about permeability and power loss, therefore is used for a choke coil or an inductor, it was what a miniaturization cannot plan easily.

[0003] Although the core loss of a dust core usually consists of hysteresis loss and eddy current loss, he is trying to control generating of an eddy current by covering electric insulation resin etc. on a magnetic powder front face, since eddy current loss increases in proportion to the square of a frequency, and the square of the size in which an eddy current flows. On the other hand, hysteresis loss was that to which permeability deteriorates while it is usually necessary to apply two or more 5 ton/cm compacting pressure therefore and distortion increases as the magnetic substance, in order to raise the shaping

consistency of a dust core, and hysteresis loss increases. In order to avoid this, and to release distortion if needed, performing a shaping postheat treatment was performed, but when hot heat treatment was required, the insulating binder was indispensable, in order to insulate magnetic powder and to maintain binding of fine particles moreover.

[0004] Since the pyrolysis of the thermal resistance will be low carried out if elevated-temperature heat treatment is performed in order [ of the epoxy resin conventionally used as a binder of a dust core, phenol resin, vinyl chloride resin, etc. ] to open distortion, organic system resin can hardly be used, and it is necessary to use an inorganic system binder etc. As an inorganic binder, silicate system water glass, alumina cement given in JP,1-215902,A, polo siloxane resin given in JP,6-299114,A, silicone resin given in JP,6-342714,A and silicone resin given in JP,8-45724,A, and the proposal of organic titanium mixing etc. are made.

[0005] Moreover, in order to secure a direct-current superposition property, magnetic cores, such as the conventional ferrite, are reducing the fall of the inductance L value at the time of direct-current superposition by preparing the gap of several 100 micrometers in perpendicularly a magnetic path is barred. However, such a large gap became the generation source of a beat sound, and also was that from which especially the magnetic leakage flux from a gap brings the remarkable increment in copper loss to a coil with high frequency. On the other hand, since permeability of a dust core is low, it is used without a gap, therefore the copper loss by the beat sound and magnetic leakage flux is small.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although a dust core falls gently-sloping to direct-current superimposed current to the magnetic core containing a gap falling to direct-current superimposed current more rapidly [ an inductance L value ] than a certain place conventionally, this is considered because distribution width of face is in the magnetic tooth space which exists in the interior of a dust core. For this reason, in order to secure the outstanding direct-current superposition property certainly, the magnetic tooth space of the magnitude more than necessary minimum is needed, and the decline in permeability is not avoided as the whole magnetic core. Moreover, it is for it to be good seemingly at the time of direct-current superposition, when a core loss is large, but for apparent permeability to increase this, so that loss is large in high frequency, and it is difficult to be compatible in a good direct-current superposition property at a low core

loss.

[0007] This invention removes the above-mentioned conventional fault, and aims at offering the compound magnetic material with which permeability has a good high and direct-current superposition property by the low core loss.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention is a compound magnetic material obtained when the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B is pressed, and is a compound magnetic material characterized by controlling the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins by the spacing material B.

[0009] Here, it is desirable that the permeability of the magnetic powder A is larger than the spacing material B, and when the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins sets mean particle diameter of magnetic powder to  $d$ , it is desirable that it is satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ .

[0010] According to this invention, permeability can obtain the compound magnetic material which has a good high and direct-current superposition property by the low core loss also on a high frequency.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Invention of this invention according to claim 1 is a compound magnetic material obtained when the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B is pressed. While being the compound magnetic material characterized by controlling the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins by the spacing material B and securing necessary minimum tooth-space length to magnetic powder A by using the spacing material B The outstanding superposition property can be realized maintaining high permeability by narrowing magnetic tooth-space distribution width of face as the whole. Moreover, eddy current loss can also be reduced from isolating magnetic powder certainly.

[0012] The permeability of the magnetic powder A is the compound magnetic material according to claim 1 characterized by being larger than the spacing material B, and spacing material can serve as a magnetic tooth space, and invention according to claim 2 can change the distance  $\delta$  of magnetic powder, and can control the permeability of a compound magnetic material, and a direct-current superposition property by using the spacing material B with small permeability from the magnetic powder A.

[0013] If the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins sets mean particle diameter of magnetic powder to  $d$ , invention according to claim 3 is a compound magnetic material according to claim 1 characterized by being satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ , can change  $\delta$  by the class of spacing material B, particle size, particle size distribution, etc., and can control the permeability of a compound magnetic material, and a direct-current superposition property.

[0014] It is the compound magnetic material according to claim 1 characterized by invention according to claim 4 including at least one or more kinds in the ferromagnetic of Fe system, a FeSi system, a FeAlSi system, a FeNi system, Permendur, amorphous one, and a nano microcrystal as magnetic powder A, and saturation magnetic flux density and the permeability of these metal magnetic substance are high, it obtains easily by the atomizing powder, a pulverized powder, etc., and a highly efficient compound magnetic material is obtained.

[0015] The mean particle diameter of the magnetic powder A is a compound magnetic material 100 micrometers or less according to claim 1, and invention according to claim 5 has it. [ effective for reduction of an eddy current ]

[0016] It is the compound magnetic material according to claim 1 characterized by including at least one or more kinds in the inorganic substance of aluminum  $2O_3$ , and  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO$ ,  $SiO_2$  and  $CaO$  of invention according to claim 6 as spacing material B, and these inorganic substances are [ that heat treatment cannot react easily with magnetic powder, either ] effective as spacing material.

[0017] The mean particle diameter of the inorganic substance which uses invention according to claim 7 as spacing material B is the compound magnetic material according to claim 1 characterized by being 10 micrometers or less, and can make small distribution of the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins, and a direct-current superposition property improves.

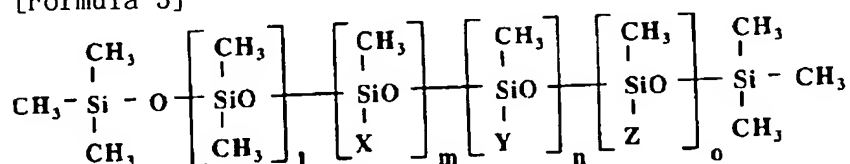
[0018] The spacing material B is the compound magnetic material according to claim 1 which is the organic substance, and invention according to claim 8 can control the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins with the organic substance, and can control the permeability of a compound magnetic material, and a direct-current superposition property.

[0019] The organic substance used as spacing material B is the compound magnetic material according to claim 1 which is either silicon resin powder, fluorine resin powder or benzo KUANAMIN resin powder, and since

thermal resistance is high, as for invention according to claim 9, after a heat treatment process can maintain the effectiveness as spacing material.

[0020] For invention according to claim 10, the spacing material B is a general formula. [0021]

[Formula 3]



[0022] However, in the above-mentioned general formula, X is [ an organic functional group and Z of an alkoxy silyl radical and Y ] organic units. It comes out, and it is the compound magnetic material according to claim 1 shown, and as spacing material, the magnetic powder A reduces the elasticity of a binder with a wrap, and a powder nature moldability is improved.

[0023] The spacing material B is the compound magnetic material according to claim 1 which is metal powder, and invention according to claim 11 can control the distance delta which magnetic powder A adjoins with metal powder, and can control the permeability of a compound magnetic material, and a direct-current superposition property. Moreover, since a metallic material can also expect the effectiveness which binds magnetic powder A that it is easy to deform at the time of compression molding, its reinforcement of a compression-molding object is high.

[0024] The mean particle diameter of the metal powder which uses invention according to claim 12 as spacing material B is the compound magnetic material according to claim 1 characterized by being 20 micrometers or less, and can make small distribution of the distance delta which magnetic powder A adjoins, and a direct-current superposition property improves.

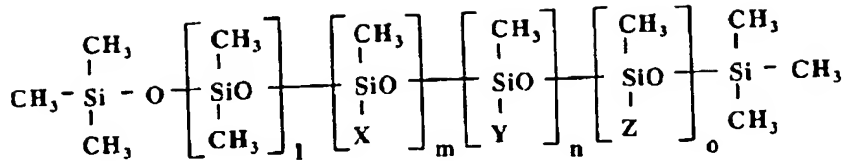
[0025] Invention according to claim 13 is a compound magnetic material according to claim 1 characterized by including following at least two or more kinds in a, b, and c as spacing material B.

[0026] a is at least one or more kinds of inorganic substances among aluminum 2O3, and MgO, TiO2, ZrO, SiO2 and CaO.

[0027] b is at least one or more kinds of organic substance among silicon resin powder, fluorine resin powder, benzo KUANAMIN resin powder, or the compound shown by the following general formulas.

[0028]

[Formula 4]



[0029] However, in the above-mentioned general formula, X is [ an organic functional group and Z of an alkoxy silyl radical and Y ] organic units.

[0030] c is metal powder. Since the distance delta which magnetic powder A adjoins by the spacing material B is controlled, the permeability of a compound magnetic material and a direct-current superposition property are controllable by the combination of the class of spacing material.

[0031] Invention according to claim 14 is a compound magnetic material characterized by sinking in a compound magnetic material according to claim 1 by the insulating impregnant, and is effective in improvement in reinforcement, rust proofing of the metal magnetic substance, a raise in surface resistance, etc.

[0032] A void content is the compound magnetic material according to claim 14 characterized by sinking in the compound magnetic material which is less than [ of the whole / more than 5vol%50vol% ] by the insulating impregnant, an impregnant enters to the interior of a core and a mechanical strength and dependability of according to claim 15 invention improve.

[0033] Invention according to claim 16 is the manufacture approach of the compound magnetic material which heat-treats the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B after compression molding, is the manufacture approach of the compound magnetic material characterized by controlling the distance delta which magnetic powder A adjoins by the spacing material B, removes distortion received at the time of shaping, and can reduce hysteresis loss.

[0034] The spacing material B is the manufacture approach of the compound magnetic material according to claim 16 which is metal powder with the melting point higher than heat treatment temperature, since melting does not happen at the time of heat treatment, either, invention according to claim 17 is effective as spacing material, and it can control the distance which magnetic powder A adjoins.

[0035] Invention according to claim 18 is the manufacture approach of the compound magnetic material according to claim 16 characterized by heat-treating at the temperature of 350 degrees C or more, is heat-treating the moldings after compression molding at the temperature of 350 degrees C or more, and reduces hysteresis loss.



[0036] Hereafter, the gestalt of 1 operation of this invention is explained.

Si-9% whose Fe-aluminum-Si the pure iron of the used metal magnetism powder is 99.6% of purity, and is the Sendust presentation, (Gestalt 1 of operation) Si-3.5%, Remainder Fe, and Fe-nickel aluminum-5%, Remainder Fe, and Fe-Si nickel-78.5%, Remainder Fe and Permendur are Co-50% and Remainder Fe, and are an atomizing powder with a mean particle diameter of 100 micrometers or less, respectively. A Fe-Si-B alloy and nano microcrystal magnetism powder ground the Fe-Si-B-Cu alloy after producing a ribbon with the melt quenching method, and Fe radical amorphous powder obtained fine particles with a mean particle diameter of 100 micrometers or less, respectively. The inorganic substance used for spacing material used the particle size of 5 micrometers or less.

[0037] The ethanol 1 weight section was mixed with the mixed agitator as the butyral resin 3 weight section and a solvent for the binder dissolution as the spacing material 1 weight section and a binder to the mixed process metal magnetism powder 100 weight section. In addition, when using the high metal powder of an oxidizing quality, it is desirable to perform a mixed process, controlling to non-oxidizing atmospheres, such as nitrogen.

[0038] Degassing desiccation of the solvent is carried out from the mixture after granulation process mixing process termination. It corned in order to secure the fluidity which grinds the mixture after desiccation and can be introduced into a making machine, and granulation powder was produced.

[0039] \*\*\*\*\* carried out pressurization molding of this granulation powder for 3 seconds with the welding pressure of 10 t/cm<sup>2</sup> with a 1 shaft press, and acquired the Plastic solid of the outer diameter of 25mm, the bore of 15mm, and a toroidal configuration with a thickness of about 10mm.

[0040] It heat-treated in nitrogen-gas-atmosphere mind after that [ heat treatment process ]. In addition, the temperature holding time was made into 0.5 hours.

[0041] Samples 1-18 (example) and samples 19-22 (example of a comparison) were produced with the class of metal magnetism powder as shown in (Table 1), and spacing material, and heat treatment temperature. Thus, permeability, a core loss, and direct-current superposition were measured about the obtained sample. Permeability is measured on the frequency of 10kHz with an LCR meter, a core loss measures using an alternating current B-H curve measurement machine by 50kHz of test frequencies, and measurement flux density 0.1T, and the rate of L value

change in case direct-current fields are 1600 A/m in 50kHz of test frequencies shows the direct-current superposition property.

[0042] An evaluation result is shown in (Table 1).

[0043]

[Table 1]

|     | サンプル<br>No. | 金属磁性粉    | スパーク材                          | 熱処理<br>温度<br>(°C) | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重畳<br>(%) |
|-----|-------------|----------|--------------------------------|-------------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 1           | Fe-Al-Si | SiO <sub>2</sub>               | 750               | 91  | 721                          | 88          |
|     | 2           | 純鉄       |                                |                   | 82  | 622                          | 92          |
|     | 3           | Fe-Si    |                                |                   | 131 | 865                          | 86          |
|     | 4           | Fe-Ni    |                                |                   | 153 | 733                          | 75          |
|     | 5           | ハートン・ユール |                                |                   | 68  | 798                          | 83          |
|     | 6           | Fe-Al-Si | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |                   | 92  | 706                          | 85          |
|     | 7           | Fe-Al-Si | MgO                            |                   | 88  | 622                          | 83          |
|     | 8           | Fe-Al-Si | TiO <sub>2</sub>               |                   | 89  | 797                          | 88          |
|     | 9           | Fe-Al-Si | ZrO                            |                   | 96  | 700                          | 84          |
|     | 10          | Fe-Al-Si | CaO                            |                   | 94  | 811                          | 85          |
|     | 11          | Fe-Ni    | TiO <sub>2</sub>               | 650               | 90  | 776                          | 91          |
|     | 12          | Fe-Si    |                                | 500               | 95  | 803                          | 88          |
|     | 13          | Fe-Si    |                                | 700               | 144 | 621                          | 84          |
|     | 14          | Fe-Si    |                                | 900               | 153 | 623                          | 78          |
|     | 15          | アモルファス   |                                | 350               | 106 | 643                          | 85          |
|     | 16          | アモルファス   |                                | 500               | 110 | 699                          | 84          |
|     | 17          | ナノ微結晶    |                                | 無し                | 81  | 805                          | 73          |
|     | 18          | ナノ微結晶    |                                | 350               | 99  | 476                          | 88          |
| 比較例 | 19          | Fe-Al-Si | 無し                             | 750               | 96  | 1260                         | 60          |
|     | 20          | Fe-Si    | TiO <sub>2</sub>               | 無し                | 22  | 1905                         | 91          |
|     | 21          | Fe-Si    |                                | 300               | 36  | 1520                         | 91          |
|     | 22          | アモルファス   |                                | 300               | 40  | 1350                         | 90          |

[0044] The choke coil for a harmonic distortion cure serves as three or less core loss 1000 kW/m, and, as for permeability, 60 or more and direct-current superposition serve as criteria of selection of 70% or more by the amperometry frequency of 50kHz, and measurement flux density 0.1T here.

[0045] In addition,  $\Delta/d$  was measured using SIMS and XMA. Although the sample 19 had the measured value of  $\Delta/d$  smaller than  $10^{-3}$ , the other sample was satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \Delta/d \leq 10^{-1}$ .

[0046] It turns out that an inorganic substance of aluminum 2O<sub>3</sub>, and MgO, TiO<sub>2</sub>, ZrO, SiO<sub>2</sub> and CaO is effective as magnetic powder, and it is effective as Fe system, a Fe-Si system, a Fe-aluminum-Si system, a Fe-nickel system, Permendur, amorphous one, a nano microcrystal, and spacing material so that more clearly than the result of (Table 1).

[0047] Moreover, by heat-treating the mixture which consists of magnetic powder and spacing material at the temperature of 350 degrees C or more after compression molding shows that permeability, a core loss, and a direct-current superposition property are effective.

[0048] Moreover, although there is no heat treatment after compression molding in specific magnetic powder and a property can be secured, in order to improve a property further, it is desirable to heat-treat at the temperature of 350 degrees C or more.

[0049] This invention is a compound magnetic material obtained when the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B is pressed, and is a compound magnetic material characterized by controlling the distance  $\delta$  which magnetic powder A adjoins by the spacing material B. Generally, the inductance L value of a dust core is falling gently-sloping to direct-current superimposed current. This is considered because distribution width of face is in the magnetic tooth space which exists in the interior of a dust core. A dust core shows such a direct-current superposition property, in order to make distribution width of face in the isolation distance and magnetic tooth-space length, and for magnetic flux to connect too hastily from the place which magnetic tooth-space length is short, or has touched and to begin saturation with the press at the time of shaping etc., although magnetic powder is isolated with binders, such as resin. For this reason, although the magnetic tooth-space length more than necessary minimum was certainly prepared by the technique of increasing the amount of binders in order for the conventional dust core to secure the outstanding direct-current superposition property therefore, the decline in permeability was not avoided as the whole magnetic core.

[0050] This invention can realize the outstanding direct-current superposition property, maintaining high permeability by narrowing magnetic tooth-space distribution width of face as the whole while securing necessary minimum tooth-space length by using the spacing material B. Moreover, eddy current loss can also be reduced from isolating magnetic powder certainly.

[0051] In addition, even if it is the magnetic powder or presentation ratios other than the gestalt of operation, it cannot be overemphasized that Fe system, a Fe-Si system, a Fe-aluminum-Si system, a Fe-nickel system, Permendur, amorphous one, the mixed powder containing at least one or more kinds in the ferromagnetic of a nano microcrystal or an alloy, and the solid solution also have the same effectiveness as magnetic powder A. Saturation magnetic flux density and permeability are high, and are not depended on the manufacture approaches, such as the manufacture approach, for example, an atomizing-powder method, a pulverized-powder method, and a super-quenching method, but these metal magnetic substance has the same effectiveness. Moreover, it cannot be overemphasized that magnetic materials other than this are not twisted

in fine-particles configurations, such as the shape of a globular shape and flat,, either, but have the same effectiveness.

[0052] As spacing material B, whether as for the fine particles of the inorganic substance of aluminum 203, and MgO, TiO<sub>2</sub>, ZrO, SiO<sub>2</sub> and CaO heat treatment cannot react easily with magnetic powder, either, and are powder, such as inorganic substances other than this, for example, glass etc., or, is flat-like fine particles, it cannot be overemphasized that there is same effectiveness.

[0053] Furthermore, it cannot be overemphasized that mixed powder including at least one or more kinds or a multiple oxide, and a nitride also have the same effectiveness in the above-mentioned spacing material B, either.

[0054] Distortion which produces the mixture which consists of magnetic powder A and spacing material B by heat-treating after compression molding at the time of shaping can be opened. In compression molding, if two or more 5 t/cm compacting pressure is applied, distortion will arise in the magnetic substance, permeability will deteriorate, and hysteresis loss will increase. Then, it is desirable to heat-treat, after fabricating in order to release distortion if needed, and to reduce hysteresis loss.

[0055] In heat treatment here, in order for distorted picking temperature to change with quality of the materials of the metal magnetic substance and to crystallize by the elevated temperature in 600-degree-C or more and Fe system by the Fe-aluminum-Si system at 700 degrees C or more, amorphous one, and a nano microcrystal, 350-degree-C or more heat treatment of 600 degrees C or less is desirable. Moreover, heat-treating by the non-oxidizing atmosphere is still more desirable.

[0056] Table 2 (Gestalt 2 of operation) Considered as metal magnetism powder as shown, and spacing material, and compacting pressure 10 t/cm<sup>2</sup> of a 1 shaft press and heat treatment temperature were made into 720 degrees C, and also samples 23-27 (example) and samples 28 and 29 (example of a comparison) were created like the gestalt 1 of operation, and it evaluated.

[0057] An evaluation result is shown in (Table 2).

[0058]

[Table 2]

|     | サンプル<br>No. | 金属磁性粉    |                  | スペーシング材                        |                  | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | 直流電圧<br>(%) |
|-----|-------------|----------|------------------|--------------------------------|------------------|-----|------------------------------|-------------|
|     |             | 組成       | 粒径<br>( $\mu$ m) | 組成                             | 粒径<br>( $\mu$ m) |     |                              |             |
| 実施例 | 2 3         | 純鉄       | 100              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2                | 105 | 878                          | 81          |
|     | 2 4         | 純鉄       | 50               |                                |                  | 87  | 491                          | 86          |
|     | 2 5         | 純鉄       | 10               |                                |                  | 76  | 224                          | 88          |
|     | 2 6         | Fe-Al-Si | 100              | TiO <sub>2</sub>               | 10               | 74  | 532                          | 90          |
|     | 2 7         | Fe-Al-Si |                  |                                | 1                | 113 | 613                          | 85          |
| 比較例 | 2 8         | 純鉄       | 120              | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2                | 124 | 1254                         | 86          |
|     | 2 9         | Fe-Al-Si | 100              | TiO <sub>2</sub>               | 12               | 34  | 524                          | 92          |

[0059] It turns out that the mean particle diameter of magnetic powder is effective by 100 micrometers or less so that more clearly than the result of (Table 2). Moreover, it turns out that the mean particle diameter of spacing material is effective by 10 micrometers or less.

[0060] Since eddy current loss increases here in proportion to the square of a frequency, and the square of the size in which an eddy current flows, if the front face of magnetic powder is covered with an insulator, since an eddy current will depend on the particle size of metal magnetism fine particles, the more detailed one decreases [ eddy current loss ]. For example, as for the choke coil for a harmonic distortion cure, three or less 500 kW/m is desired again more preferably three or less core loss 1000 kW/m by the amperometry frequency of 50kHz, and measurement flux density 0.1T. For that purpose, in order to reduce eddy current loss 50kHz or more, it is more nearly required than theoretical count to be the mean particle diameter of 100 micrometers or less at least, and it is 50 micrometers or less more preferably. Moreover, if the oxide film 5nm or more is formed in the front face of metal magnetism fine particles, insulation is still more effective for reduction of collapsibility eddy current loss in it being certain.

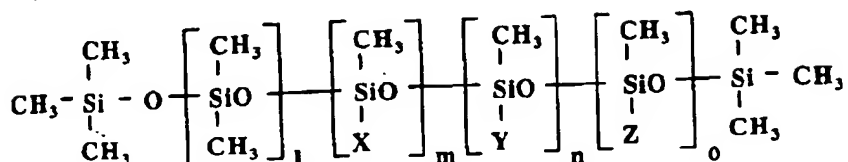
[0061] Although the distance delta which the magnetic powder A adjoins is controlled by the gestalt of this operation by the spacing material B, since it presses, the spacing material B is not maintaining the particle size before mixing, and may be ground after shaping. However, although it is ground even if at the time of compression molding that the mean diameter of the spacing material B is set to 10 micrometers or more and it becomes fine, since the distribution width of face of the magnetic tooth space delta becomes large greatly, the variation is not desirable.

[0062] (Gestalt 3 of operation) Metal magnetism powder (Fe-aluminum-Si) used the atomizing powder with a mean particle diameter of 100 micrometers or less with Si-9% which is the Sendust presentation, aluminum-5%, and Remainder Fe. The organic substance used the organic compound C as shown in the silicon resin powder of 3 micrometers or less of mean diameters, fluororesin powder, benzo KUANAMIN resin powder, and

the following as spacing material.

[0063]

[Formula 5]



[0064] However, in the above-mentioned general formula, X is [ an organic functional group and Z of an alkoxy silyl radical and Y ] organic units.

[0065] Furthermore, made into 1 weight section the binder used at a mixed process, and heat treatment temperature was made into 750 degrees C, and also samples 30-33 (example) and a sample 34 (example of a comparison) were produced like the gestalt 1 of operation, and it evaluated.

[0066] An evaluation result is shown in (Table 3).

[0067]

[Table 3]

|     | サンプル<br>No. | スペーシング材     | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|-------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 30          | シリコン樹脂粉末    | 88  | 396                          | 87          |
|     | 31          | フッ素樹脂粉末     | 96  | 511                          | 91          |
|     | 32          | ベンゾクアミン樹脂粉末 | 90  | 455                          | 85          |
|     | 33          | 有機化合物C      | 111 | 370                          | 89          |
| 比較例 | 34          | 無し          | 96  | 1260                         | 60          |

[0068] In addition, although the sample 34 had the measured value of delta/d smaller than 10-3, the other sample was satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is 10-3 <= delta/d <=10-1.

[0069] The effectiveness by addition of the organic substance is known as spacing material so that more clearly than the result of (Table 3).

[0070] The distance delta which magnetic powder A adjoins with the organic substance can be controlled, and the permeability of a compound magnetic material and a direct-current superposition property can be controlled.

[0071] In order to control the distance delta which magnetic powder A adjoins by the spacing material B here, the particle diameter is important and its particle thing is desirable. Moreover, since organic powder can also expect the effectiveness which binds magnetic powder A that it is easy to deform at the time of compression molding, its

reinforcement of a compression-molding object is high.

[0072] It is either silicon resin powder, fluorine resin powder or benzo KUANAMIN resin powder, and since thermal resistance is high, as for the powder used for the gestalt of this operation as the organic substance here, after a heat treatment process can maintain the effectiveness as spacing material. If it used for the gestalt of this operation and also thermal resistance is high by the particle, it cannot be overemphasized that there is usable and same effectiveness.

[0073] Moreover, it can also control the springback of the Plastic solid after powder molding while the magnetic powder A reduces the elasticity of a binder with a wrap as spacing material as for an organic compound C and it improves a powder nature moldability. Moreover, since thermal resistance is also high, after heat treatment holds the effectiveness as spacing material. Here, the molecular weight of this organic compound C is about 5000 further more preferably tens of thousands or less.

[0074] If the organic compound C and the basic configuration of the organic substance are the same, even if it will change the functional group of an end here, it cannot be overemphasized that the same effectiveness is shown.

[0075] Moreover, to the magnetic powder 100 weight section, the addition of these organic substance has effective 0.1 - 5 weight section as spacing material, and can control the distance which magnetic powder A adjoins. If [ than 5 weight sections ] more [ it is effective as spacing material and there is nothing, when there are few organic compounds than the 0.1 weight section, and ], in order for the filling factor of magnetic powder to fall, magnetic properties fall.

[0076] (Gestalt 4 of operation) Used spacing material as the organic compound C, adjusted the compacting pressure of a 1 shaft press, and sigma/d was changed, and also samples 35-37 (example) and samples 38 and 39 (example of a comparison) were produced like the gestalt 3 of operation, and it evaluated.

[0077] An evaluation result is shown in (Table 4).

[0078]

[Table 4]

|     | サンプル<br>No. | $\delta/d$ | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 35          | $10^{-3}$  | 110 | 620                          | 85          |
|     | 36          | $10^{-2}$  | 100 | 370                          | 89          |
|     | 37          | $10^{-1}$  | 80  | 400                          | 93          |
| 比較例 | 38          | $10^0$     | 30  | 750                          | 80          |
|     | 39          | $10^{-4}$  | 120 | 980                          | 63          |

[0079] In order to be compatible in a good direct-current superposition property and good permeability so that more clearly than the result of (Table 4), it is required to have satisfied the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ .

[0080] Here, when the effective permeability of  $\mu_r$  and a magnetic core is generally set to  $\mu_e$  for the true permeability of magnetic powder, relation like the following formula is shown.

[0081]  $\mu_e = \mu_r / (1 + \mu_r \delta/d)$

The minimum of  $\delta/d$  is decided from an indispensable direct-current superposition property, and a  $\delta/d$  upper limit is decided by required permeability. In order to realize a good property, it is required to be satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ , and it is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-2}$  more preferably.

[0082] This invention can control  $\delta$  by changing the class of spacing material B, particle size, particle size distribution, etc., and can control the permeability of a compound magnetic material, and a direct-current superposition property by it.

[0083] (Gestalt 5 of operation) and also it sets spacing material to Ti with a mean particle diameter of 10 micrometers or less and Si and makes heat treatment temperature into 750 degrees C -- the gestalt 1 of operation -- being the same (Table 5) -- the presentation of metal powder as shown, and the class of spacing material estimated by producing samples 40-45 (example) and a sample 46 (example of a comparison).

[0084] An evaluation result is shown in (Table 5).

[0085]

[Table 5]

|     | サンプル<br>No. | 金属磁性粉    | スペーシ<br>ング材 | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|----------|-------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 40          | Fe-Al-Si | Ti          | 89  | 722                          | 88          |
|     | 41          | 純鉄       |             | 78  | 607                          | 91          |
|     | 42          | Fe-Si    |             | 126 | 867                          | 84          |
|     | 43          | Fe-Ni    |             | 153 | 726                          | 77          |
|     | 44          | パーマジュール  |             | 70  | 808                          | 85          |
|     | 45          | Fe-Al-Si | Si          | 91  | 713                          | 89          |
| 比較例 | 46          | Fe-Al-Si | 無し          | 96  | 1260                         | 60          |

[0086] Although the sample 46 had the measured value of  $\delta/d$  smaller than  $10^{-3}$ , the other sample was satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ .

[0087] The effectiveness according [ accord / as magnetic powder / Fe system, a Fe-Si system, a Fe-aluminum-Si system, a Fe-nickel system, and



Permendur ] to addition of Metals Ti and Si as spacing material is known so that more clearly than the result of (Table 5).

[0088] In addition, if metallic materials other than the above-mentioned spacing material cannot react easily during magnetic powder and heat treatment, either, it cannot be overemphasized that there is same effectiveness, and there is same effectiveness even if it mixes and uses metal powder.

[0089] The distance delta which magnetic powder A adjoins with a metal can be controlled by this invention, and the permeability of a compound magnetic material and a direct-current superposition property can be controlled by it. For example, metals, such as Ti, Si, aluminum, Fe, Mg, and Zr, are mentioned.

[0090] Since a metal can also expect the effectiveness which binds magnetic powder A that it is easy to deform at the time of compression molding, its reinforcement of a compression-molding object can be high, it can control the distance delta which magnetic powder A adjoins, and can control the permeability of a compound magnetic material, and a direct-current superposition property.

[0091] (Gestalt 6 of operation) Using aluminum, Si-9% whose Fe-aluminum-Si of metal magnetism powder is the Sendust presentation, aluminum-5%, an atomizing powder with a mean particle diameter [ of Remainder Fe ] of 100 micrometers or less, and spacing material considered as compacting pressure 8 t/cm<sup>2</sup> of a 1 shaft press, they produced [ as shown in (Table 6), they changed heat treatment temperature, and also ] 47, and 48 (example) and a sample 49 (example of a comparison) like the gestalt 5 of operation, and evaluated.

[0092] An evaluation result is shown in (Table 6).

[0093]

[Table 6]

|     | サンプル<br>No. | 熱処理<br>温度<br>(°C) | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|-------------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 47          | 500               | 45  | 600                          | 91          |
|     | 48          | 600               | 65  | 550                          | 91          |
| 比較例 | 49          | 700               | 25  | 2000                         | 97          |

[0094] If it heat-treats at the temperature exceeding the melting point of 660 degrees C of aluminum so that more clearly than the result of (Table 6), metaled melting will happen, spacing material effectiveness will be lost, and a property will deteriorate sharply. It is indicated that a good property is heat treatment temperature lower than the melting point.

[0095] By using the metal powder with the melting point higher than heat treatment temperature as spacing material Since melting does not happen to the effectiveness and coincidence in a gestalt 5 of operation at the time of heat treatment, either, while it is effective as spacing material, and being able to control to a precision the distance which magnetic powder A adjoins and securing necessary minimum magnetic tooth-space length to them Maintaining high permeability by narrowing magnetic tooth-space distribution width of face as the whole, a good direct-current superposition property can be realized and eddy current loss can also reduce magnetic powder by isolating certainly.

[0096] (Gestalt 7 of operation) Using Ti, spacing material made heat treatment temperature 750 degrees C for the mean particle diameter of spacing material again, as shown in (Table 7), and also it produced samples 50-52 (example) and a sample 53 (example of a comparison) like the gestalt 6 of operation, and evaluated.

[0097] An evaluation result is shown in (Table 7).

[0098]

[Table 7]

|     | サンプル<br>No. | 平均粒径<br>( $\mu\text{m}$ ) | 透磁率 | コア損失<br>( $\text{kW}/\text{m}^2$ ) | 直流通量<br>(%) |
|-----|-------------|---------------------------|-----|------------------------------------|-------------|
| 実施例 | 50          | 20                        | 56  | 500                                | 91          |
|     | 51          | 10                        | 74  | 530                                | 90          |
|     | 52          | 1                         | 110 | 610                                | 85          |
| 比較例 | 53          | 25                        | 34  | 620                                | 92          |

[0099] It turns out that the mean particle diameter of spacing material is effective by 20 micrometers or less so that more clearly than the result of (Table 7).

[0100] In this invention, in order to obtain a compound magnetic material through the process of compression molding, the spacing material B is not maintaining the particle size before mixing, shaping backward metal particles deform, and are rolled out, and a magnetic tooth space may become small. However, though it deforms even if that the mean particle diameter of the spacing material B is set to 20 micrometers or more at the time of compression molding and a magnetic tooth space becomes small, since the distribution width of face of the magnetic tooth space delta becomes large greatly, the variation is not desirable.

[0101] As spacing material, aluminum 203 with a particle size of 5 micrometers, Ti with a particle size of 10 micrometers, (Gestalt 8 of operation) It blends equivalent [ every ] that it seems that it becomes

1 weight section as a spacing material total amount in combination as shows silicon resin powder with a particle size of 1 micrometer and an organic compound C in (Table 8). Compacting pressure 10 t/cm<sup>2</sup> of a 1 shaft press and heat treatment temperature were made into 700 degrees C, and also samples 54-59 (example) and a sample 60 (example of a comparison) were produced like the gestalt 7 of operation, and it evaluated.

[0102] An evaluation result is shown in (Table 8).

[0103]

[Table 8]

|     | サンプル<br>No. | スペーシング材                        | スペーシング材  | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|--------------------------------|----------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 54          | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ti       | 86  | 603                          | 92          |
|     | 55          |                                | シリコン樹脂粉末 | 88  | 552                          | 89          |
|     | 56          |                                | 有機化合物C   | 110 | 728                          | 84          |
|     | 57          | Ti                             | シリコン樹脂粉末 | 90  | 666                          | 83          |
|     | 58          |                                | 有機化合物C   | 96  | 543                          | 87          |
|     | 59          | シリコン樹脂粉末                       |          | 102 | 501                          | 84          |
| 比較例 | 60          | 無し                             | 無し       | 92  | 1188                         | 60          |

[0104] Although the sample 60 had the measured value of  $\delta/d$  smaller than 10<sup>-3</sup>, the other sample was satisfied with 70% or more of the whole magnetic powder of the relation which is  $10^{-3} \leq \delta/d \leq 10^{-1}$ .

[0105] It turns out that it is effective in the combination of each spacing material so that clearly from the result of (Table 8).

[0106] Although the gestalt of this operation showed two kinds of combination, even if it combines much more classes in addition to this, it is effective, and it cannot be overemphasized that the same effectiveness can be acquired also in combination like other throats.

[0107] At least two or more kinds in an inorganic substance, the organic substance, and a metal can be included as spacing material, and the permeability of a compound magnetic material and a direct-current superposition property can be controlled by combination of the class of spacing material.

[0108] A presentation with the particle size of 5 micrometers as spacing material nickel-78.5%, (Gestalt 9 of operation) What adjusted permeability to 1500, 1000, 900, 100, and 10 by changing the heat treatment conditions of fine particles is used using Fe-nickel of Remainder Fe. It considered as compacting pressure 7 t/cm<sup>2</sup> of a 1 shaft press, and also samples 61-63 (example) and samples 64 and 65 (example of a comparison) were produced like the gestalt 8 of operation, and it evaluated.

[0109] In addition, the permeability of Fe-aluminum-Si used as the metal

magnetic substance was 1000.

[0110] An evaluation result is shown in (Table 9).

[0111]

[Table 9]

|     | サンプル<br>No. | スペーシング材<br>の透磁率 | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | 直流重量<br>(%) |
|-----|-------------|-----------------|-----|------------------------------|-------------|
| 実施例 | 61          | 800             | 160 | 766                          | 75          |
|     | 62          | 100             | 110 | 820                          | 82          |
|     | 63          | 10              | 90  | 750                          | 84          |
| 比較例 | 64          | 1000            | 165 | 760                          | 65          |
|     | 65          | 1500            | 188 | 763                          | 63          |

[0112] The permeability of a compound magnetic material and a direct-current superposition property are controllable by spacing material serving as a magnetic tooth space as a result, and changing the distance delta of magnetic powder A because the permeability of spacing material is smaller than the permeability of metal magnetism powder even if spacing material is not necessarily nonmagnetic so that clearly from the result of (Table 9).

[0113] (Gestalt 10 of operation) as metal magnetism powder -- Fe-nickel (nickel- 78.5%) The pulverized powder from which particle size distribution with a mean particle diameter [ of Remainder Fe ] of 100 micrometers or less differ, Using Ti with a mean particle diameter of 10 micrometers or less, spacing material makes heat treatment temperature 680 degrees C, and shows sinking-in material in (Table 10). The void content was changed according to the compacting pressure of a 1 shaft press, and the particle size distribution of metal magnetism powder, and also samples 66-69 (example) and samples 70-72 (example of a comparison) were produced like the gestalt 1 of operation, and it evaluated.

[0114] Breaking strength was measured by the three-point bending test by head speed 0.5 mm/min. An evaluation result is shown in (Table 10). For example, two or more [ 20Ns //mm ] have [ the choke coil for a harmonic distortion cure ] desirable breaking strength.

[0115]

[Table 10]

|     | サンプル<br>No. | 空隙率<br>(%) | 含浸材    | 透磁率 | コア損失<br>(kW/m <sup>3</sup> ) | 磁気強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|------------|--------|-----|------------------------------|------------------------------|
| 実施例 | 66          | 5          | エポキシ樹脂 | 87  | 750                          | 27                           |
|     | 67          | 10         |        | 79  | 870                          | 35                           |
|     | 68          | 50         |        | 47  | 880                          | 49                           |
|     | 69          | 10         | シリコン樹脂 | 78  | 850                          | 32                           |
| 比較例 | 70          | 3          | エポキシ樹脂 | 98  | 620                          | 12                           |
|     | 71          | 55         |        | 34  | 950                          | 52                           |
|     | 72          | 20         | 無し     | 75  | 850                          | ≤1                           |

[0116] It turns out that the mechanical strength is improving the compound magnetic material whose void content after heat treatment is less than [ of the whole / more than 5vol%50vol% ] by sinking in by the insulating impregnant so that more clearly than the result of (Table 10). Moreover, also in the reliability trial, it was satisfactory.

[0117] Core reinforcement can be improved by sinking in by the insulating impregnant. Furthermore, it is effective in rust proofing of the metal magnetic substance, a raise in surface resistance, etc. to sink in by the insulating impregnant. Effectiveness can be further heightened because an impregnant enters the interior of a core by performing vacuum impregnation and pressurization sinking in in other than the usual immersion as the approach of sinking in.

[0118] In order to heighten the effectiveness of sinking in, it is important that the void content after heat treatment is less than [ of the whole / more than 5vol%50vol% ]. Since it will become an opening board if a void content generally becomes more than [ of the whole ] 5vol%, an impregnant enters to the interior of a core and a mechanical strength and dependability improve. Moreover, since magnetic properties will deteriorate if a void content becomes more than 50vol%, it is not desirable.

[0119] As an insulating impregnant, general-purpose resin, such as an epoxy resin, phenol resin, vinyl chloride resin, butyral resin, organic silicon resin, and inorganic silicon resin, can be used according to the purpose of use. As criteria of material selection, it being strong to thermal shocks, such as a heatproof for solder and a thermo cycle, resistance, etc. are mentioned.

[0120]

[Effect of the Invention] This invention can offer the compound magnetic material with which a core loss has the low direct-current superposition property that permeability is high and good so that clearly from the above explanation.

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The flow chart which shows the manufacture approach of the compound magnetic material of this invention

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

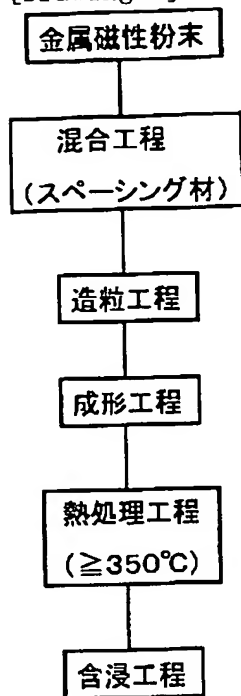
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DRAWINGS

---

[Drawing 1]



---

[Translation done.]